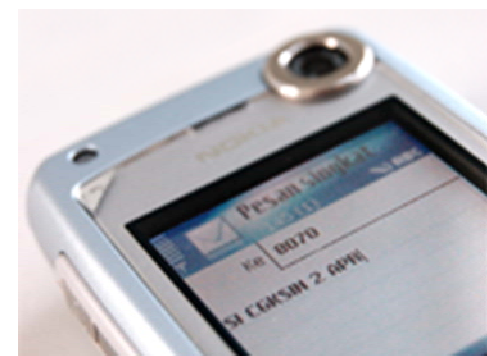
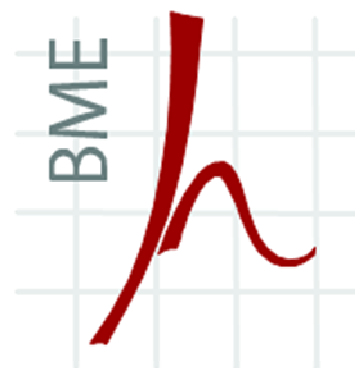
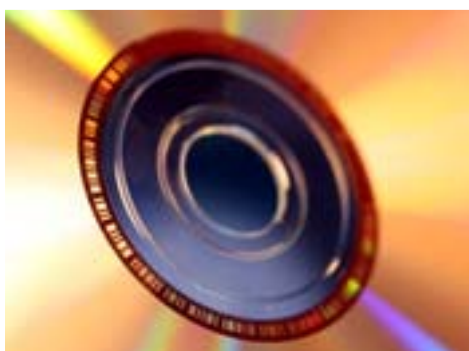


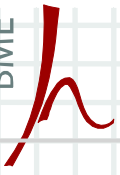


TÖBBSZÖRÖS HOZZÁFÉRÉS

Mérnök-informatikus szak, BSc, 4. félév
2012/13 2.félév

Dr. Simon Vilmos
adjunktus

BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék
svilmos@hit.bme.hu



Az anyag beosztása (1)

- Bevezető áttekintés, hálózatok és rendszerek példái.
- Alkalmazások és szolgáltatások. Követelmények a hálózattal szemben.
- Protokollarchitektúrák, referenciamodellek.
- A fizikai szintű kommunikáció alapjai.

Gyakorlat.

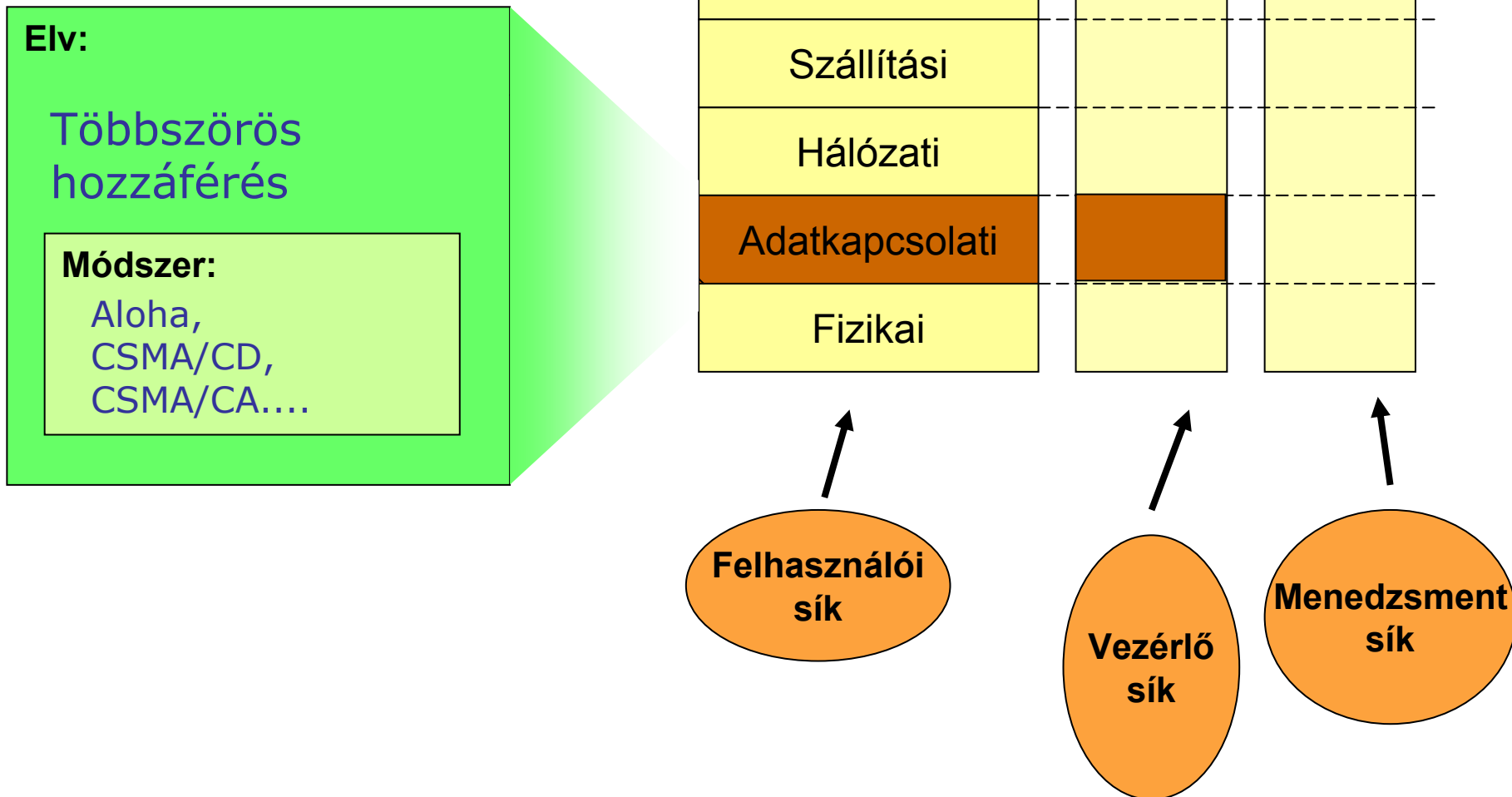
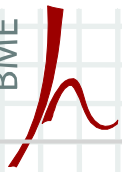
- Többszörös hozzáférés.
- LAN-ok, LAN-ok összekapcsolása.
- BWA (WPAN, WLAN, WMAN).

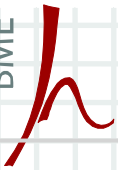


Gyakorlat.

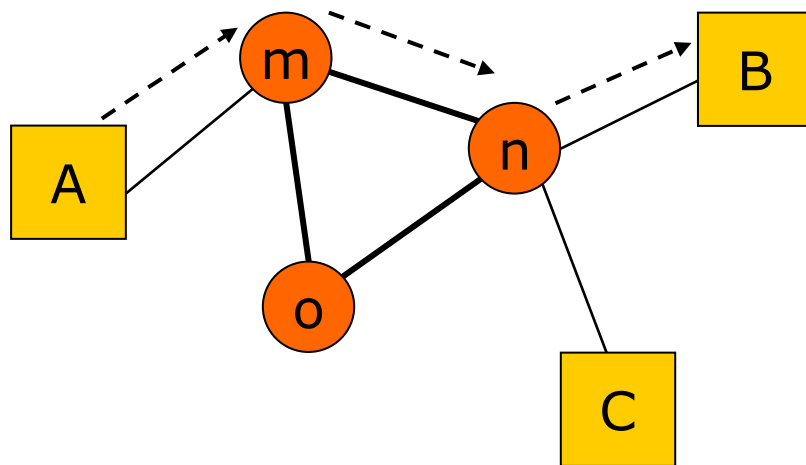
- Áramkörkapcsolás, csomagkapcsolás, hívásvezérlés, címzés.
- Routing.
- Ütemezés.
- IP.

Gyakorlat.





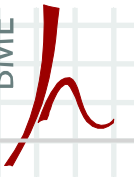
Mi az, hogy többszörös hozzáférés (multiple access)?



- Nemcsak ilyen hálózat van, hanem:

egy **közös átviteli közeg**, amelyhez minden végpont hozzáfér.

- Ez lehet vezetékes vagy rádiócsatorna.



Multiplexelés ↔ többszörös hozzáférés

- Multiplexelés:
 - közös csatorna
 - több forrás
 - mindegyik egy helyen, a csatorna bemenetén

- Többszörös hozzáférés:
 - közös csatorna
 - több forrás
 - szétszórtan, akár nagy területen is
 - Nevezik MAC-nek is (Medium Access Control)

- A többszörös hozzáférés szerepe:
 - Takarékoskodás az átviteli közeggel,
 - különösen rádiócsatorna esetén.
 - Rugalmas hálózati elérés biztosítása.

- Mibe kerül ez nekünk?
 - szervezési („hozzáférési”) módszerek alkalmazása,
 - valamekkora erőforrás-felhasználás a szervezésre
 - sebességben
 - időben
 - frekvenciában

A közös csatorna fix megosztásának fő lehetőségei

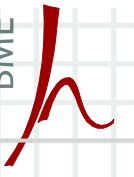
- A megismert multiplexálási (nyalábolási) módszerek ...hozzáférési (...access) megfelelői:
 - FDMA TDMA CDMA
- FDMA
 - Ortogonális, de technikailag bonyolult
 - Hatékonyságát rontja a védősávok szükségessége
 - Alkalmazása elsősorban valós idejű átvitel esetben
- TDMA
 - Ortogonális, rugalmas megosztásra kiváló, mert könnyű különböző nagyságú rész-csatornákat kialakítani
- CDMA
 - Nem ortogonális, de bebizonyítható, hogy információelméleti értelemben a legjobb
- SDMA (*Space ...*): térben választjuk el a felhasználókat
 - Irányított antenna nyalábok (fázisvezérelt antennarács, smart antenna: pl. MIMO)

Példa: FDD-FDM-FDMA

- FDD (.....Duplex)
 - Pl. csatorna megosztása uplink-downlink irányba

- FDM (.....Multiplexing)
 - Fizikai rétegben több, kisebb sáv szélességű csatorna átvitele egy közös nagyobb sáv szélességű csatornán

- FDMA (.....Multiple Access)
 - Adatkapcsolati rétegben a felhasználók hozzáférése a csatornához, különböző földrajzi helyekről



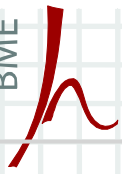
FDMA előnyök-hátrányok

+:

- Nincsenek időzítési problémák mint TDMA-nál
 - megfelelő pl. stream alapú átvitelre
- Nincs közel-távol probléma, mint CDMA-nál
- Fix mellett igény szerinti frekvenciasáv kiosztás is

-:

- Magas teljesítményű szűrők a hw-ben
- Frekvenciák közötti interferencia
 - védősávok használata



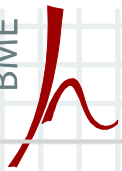
TDMA előnyök-hátrányok

+:

- Egy frekvenciacsatornát oszt meg több felhasználó között
- Itt nincs közel-távol probléma
- Dinamikus TDMA: igény szerinti időrés kiosztás
 - Pl. Bluetooth, WiMAX

-:

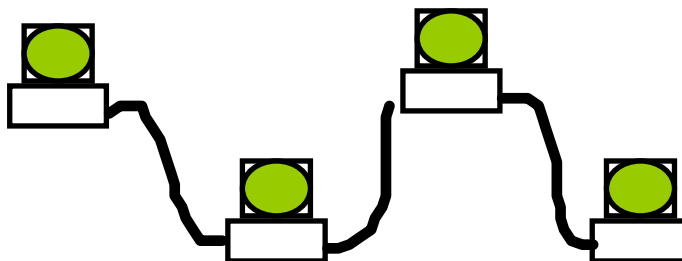
- Interferencia a használt frekvencián
- Szinkronizációs problémák
 - terminál mozgása esetén különösen nehéz, megkötés a cellaméretre
 - szinkronizációs időrések: rosszabb kihasználtság



TDMA kiemelése

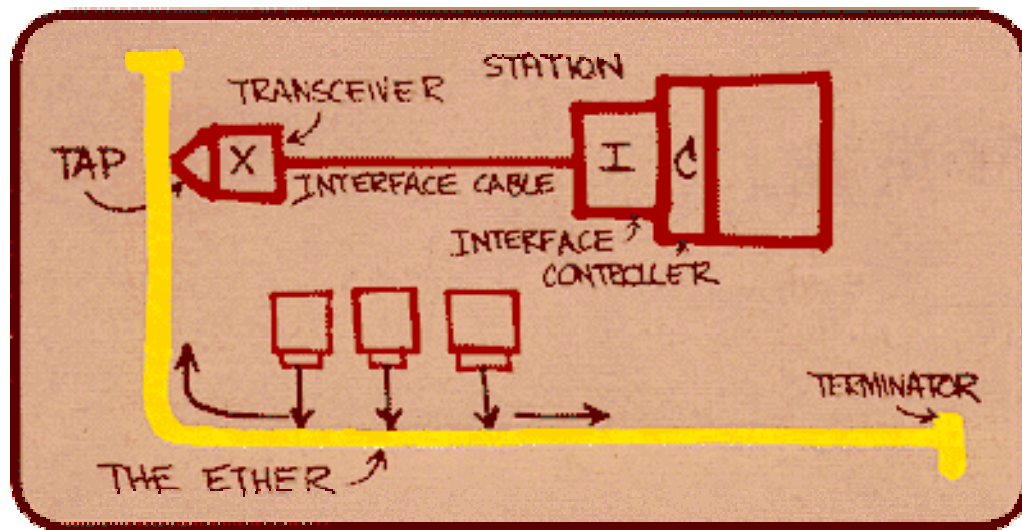
- Az előadás további részében TDMA típusú megosztással foglalkozunk
 - mivel csomagkapcsolású számítógép-hálózatokban ez terjedt el
- De sok más rendszerben ezek keverékét használják:
 - TDMA+FDMA+FDD: GSM mobil rendszerek
 - CDMA+FDD: UMTS mobil rendszerek

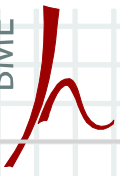
Példák közös csatornára: vezeték (koaxiális kábel)



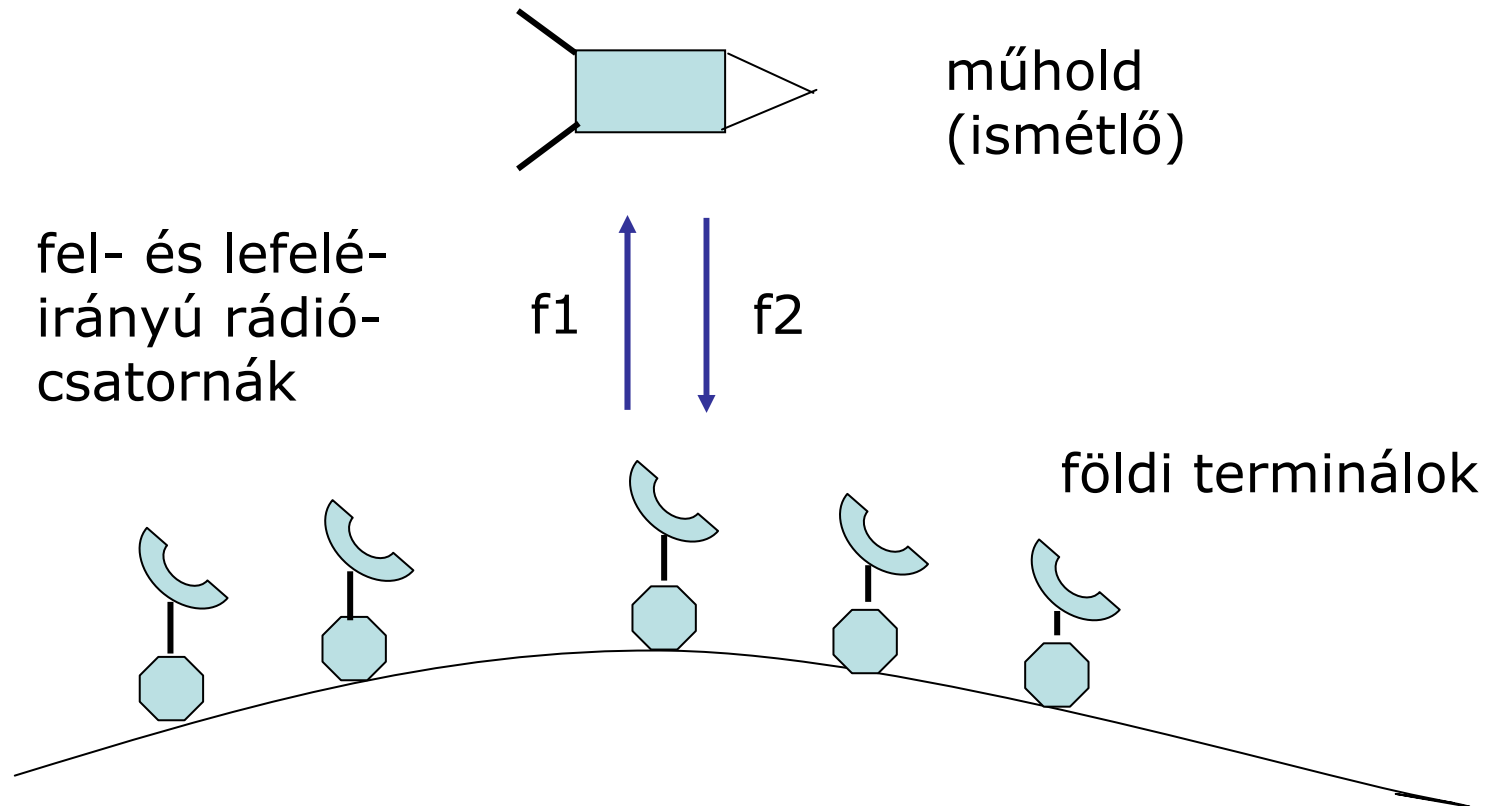
- „Vékony Ethernet”-kábelezés

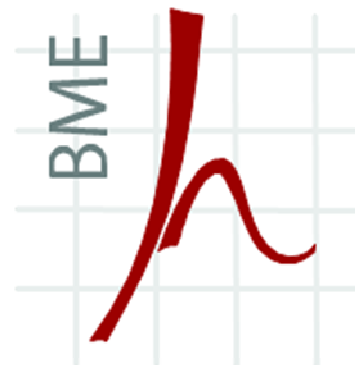
- „Vastag” Ethernet,
Az Ethernet elve
Robert M. Metcalfe
(1976)





Példák közös csatornára: műholdas ismétlőállomás



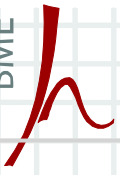


**Eddig fix kiosztású hozzáférési
technikák, következnek a véletlenszerű
hozzáférési módszerek!**

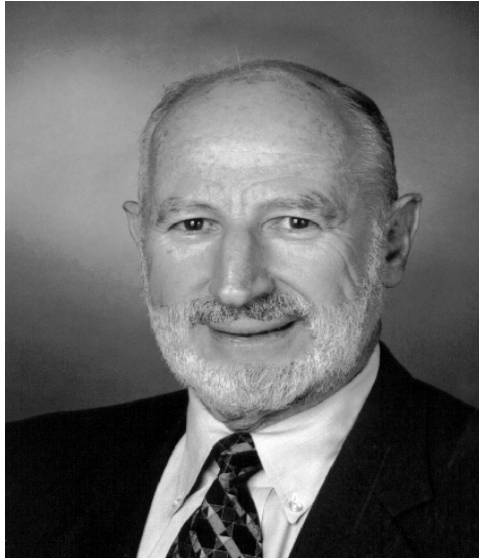
ALOHA? Hawaii köszöntés!



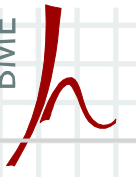
- ALOHA from Hawai: Elvis Presley koncertje (1973)
- Minden idők legnézetebb műholdas adása ami egy előadóhoz köthető



ALOHA?



- Norman Abramson, Univ. of Hawaii, HI, USA
- Aloha-eljárás és rendszer
- Az első rádiós csomagkapcsolt számítógép-hálózat, 1970!

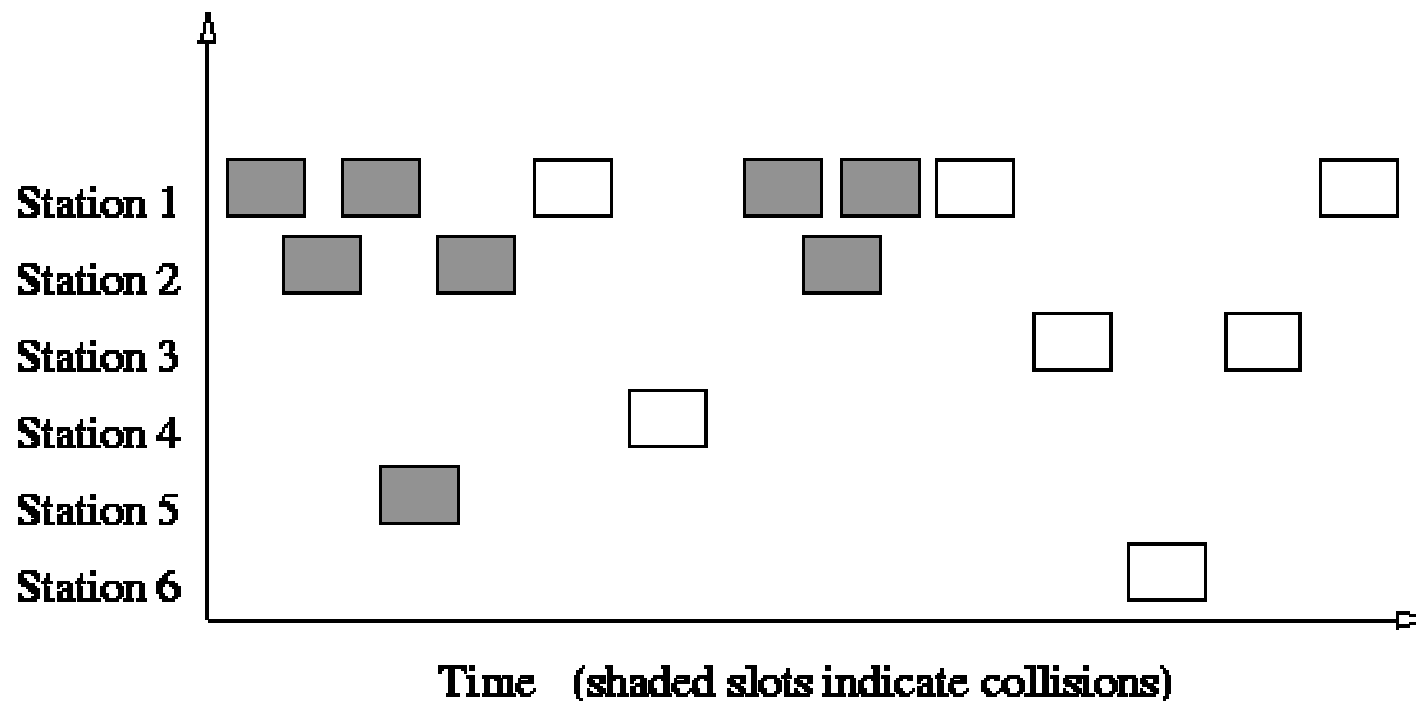


- Világ első csomagkapcsolt vezetéknélküli hálózata!
- Már nem használják ezt a hálózatot, de az itt használt eljárás volt az Ethernet egyik ötletadója (Metcalfe)
 - Sőt az ALOHA módszert továbbra is használják!
- Ötlet: összekötni amatőr rádiós linkekkel az egyetem távoli részét (szigetcsoport)
- Rávilágított, hogy meg kell oldani a közös csatorna hatékony megosztását
- 1973-ban elsőként kötötték össze az ARPANET-el

- 2 frekvencián (uplink-downlink): elosztó (hub)/csillag (star) topológia elrendezésben
- **Kimenő csatorna**: szórt adás (broadcast), hub->kliensek
 - Csomagokban címekkel: csak a címzett kliens fogadta a csomagot
- **Bejövő csatorna**: kliens->hub
 - nyugtázva a sikeres vétel a hub által
 - nem érkezik nyugta: véletlenszerű idő után újraadás-> ütközések felderítése
- ARPANET-ben végpont-végpont kapcsolat: itt **minden kliens egy frekvencián** kommunikált a hubbal!
- Börsztös forgalomra

Szabad hozzáférés – random access

□ Egyszerű (pure) Aloha-eljárás: teljesen kötetlen hozzáférés



Az egyszerű Aloha-eljárás tulajdonságai (1)

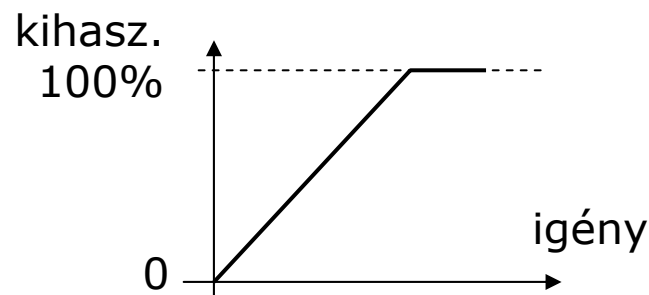
- A szabály tehát:
 - mindenki akkor ad, amikor akar
 - óhatatlanul lesznek ütközések, ekkor egyik adása sem sikeres
 - az ütközésben résztvettek ismét próbálkoznak
 - Véletlen késleltetés múlva!
 - adás előtt **nem ellenőrzik** a csatorna foglaltságát
- Egyszerű, semmi szervezést nem igényel
- Ütközés detektálás: nyugtával (uplink-downlink frekvencia)

Nézzük meg ehhez, hogy általában mik a hozzáférési módszerek legfontosabb jellemzői!

A hozzáférési módszerek teljesítőképességének jellemzése

- **Kihasználtság (throughput):**

kiszolgált információ –
a fellépő igény függvényében



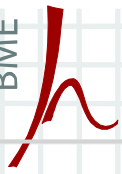
- **Kiszolgálási késleltetés:**

- az igény jelentkezése és kiszolgálása közötti idő

- **Igazságosság (fairness):**

- egyformán részesülnek-e az átbecsátóképességből, illetve
- teljesül-e a jogosultság szerinti kiszolgálás?

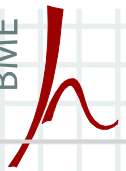
- **Stabilitás:** reakció a túlterhelésre, a forgalom dinamikus változására



Gondok az egyszerű Alohával

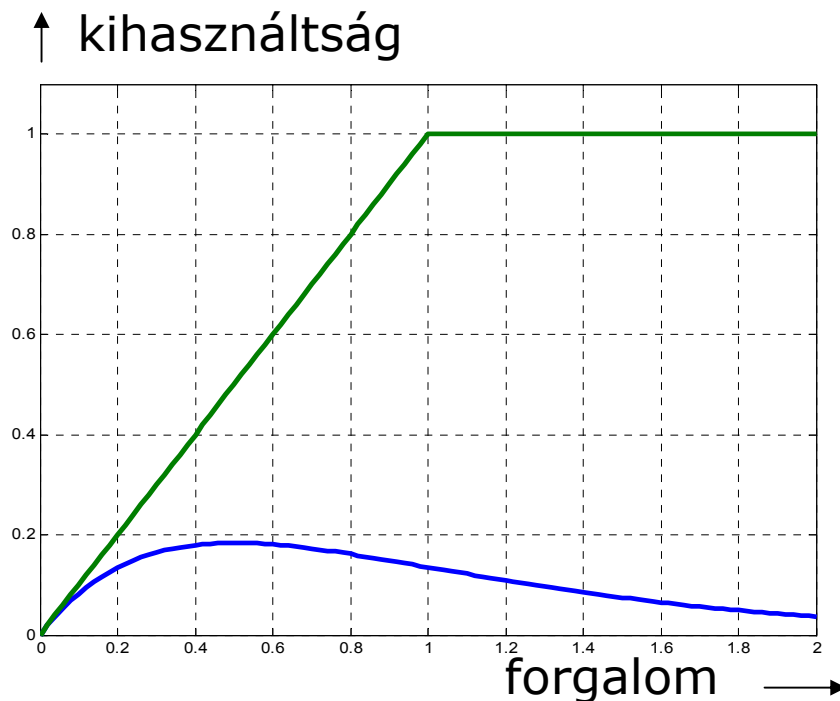
- **Egyik terminál sem figyeli**, hogy foglalt-e a csatorna adás előtt: ütközés!
- Véletlenszerű várakozás miatt egyetlen állomás sem kezdeményez adást: rossz kihasználtság!
- Ütközés után ismét próbálkoznak, a **visszatartó mechanizmus (backoff)** nagyban befolyásolja a
 - protokoll hatékonyságát
 - a csatorna kapacitását
- Tanenbaum: legjobb esetben az idő 18,4%-ban hasznos átvitel:

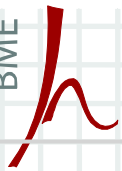
$$\Pr[k] = \frac{G^k e^{-G}}{k!} \quad \longrightarrow \quad S_{\text{pure}} = G \cdot e^{-2 \cdot G}$$



Az egyszerű Aloha-eljárás tulajdonságai

- A kihasználtsága rossz
- Alapvetően instabil
- Késleltetése nem korlátos
- Fairness: egyenlősi hosszútávon



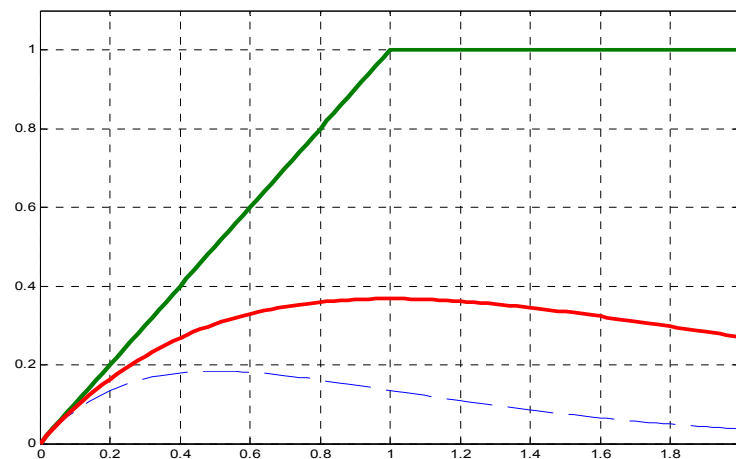


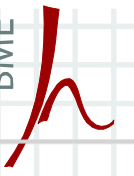
Réselt (slotted) Aloha

- Azonos hosszúságú csomagok időréshatárokon (szinkronjel):



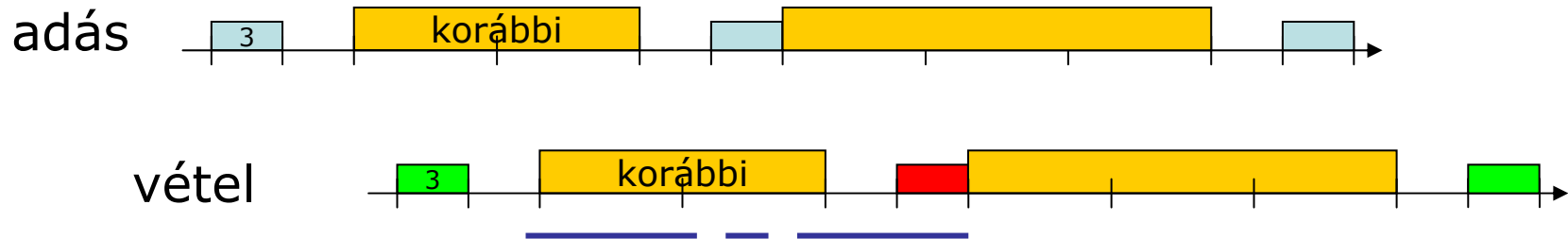
- Ennek köszönhetően csak egy időrésen belül lehet ütközés, nem nyúlnak át a következőbe
- A kihasználtság javul
- Késleltetés alig változik
- A stabilitási probléma változatlanul fennáll
- Fairness: mint előbb

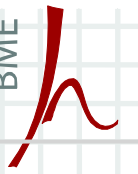




Helyfoglaló Aloha

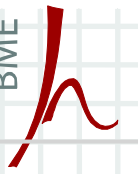
- A jellemzők javítására használjuk „helyfoglalást” (reservation)
- A csatorna egy részén igénybejelentés
- A felhasználók „visszahallják” az igényeket
- Mindegyikük egységes döntésre jut a hallottakból az átviteli csatorna használati jogosultságát tekintve
- Késleltetés szempontjából sokkal jobb mint a réselt Aloha





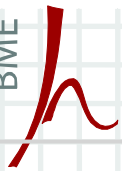
Aloha alkalmazása

- Ahogy növekszik a felhasználók száma és a forgalom: **rohamosan romlik a kihasználtsága**
- De bősztös forgalom esetén jobb mint fix kiosztású
 - 10%-os csatornaterhelés alatt
- Felhasználás (Réselt Aloha):
 - Műholdas rendszerekben (katonai)
 - RFID
 - Más eljárásokkal együtt: réselt-helyfoglaló Aloha (pl. GSM-GPRS)



Vivőérzékeléses többszörös hozzáférés (Carrier Sense Multiple Access)

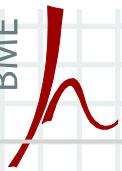
- A többszörös hozzáférés „vezérlése” a csatorna foglaltságának ellenőrzésére korlátozódik
- Szabad csatorna esetén:
 - a csatorna igénybevétele
- Foglalt csatorna esetén:
 - majd később megpróbáljuk (**nemperzisztens**)
 - várakozás a csatorna felszabadulására:
 - felszabaduláskor rögtön igénybe vesszük (**1-persisztens**)
 - Ütközés: várakozás véletlenszerű ideig
 - p valószínűséggel adja a keretet ha szabadnak érzékeli a csatornát, időrés elején (**p-perzisztens**)



A vivőérzékelés jellemzői

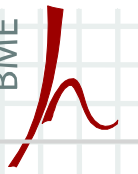
- Egyszerű megvalósítás: csak a foglaltságot kell érzékelni
- Nagy kihasználtság: az átvitel egészen közel juthat a 100%-hoz
- Nagy érzékenység a terjedési késleltetésre: ameddig nem ér hozzánk a jel, nem észlelhetjük
- Túlterheltség esetén instabil lehet
- Az igazságos kiszolgálás megvalósítható

- Újabb visszacsatolás a csatornából adás közben: ütközés – Collision Detection - CD
- Vivőérzékelés ütközésdetekcióval: észlelt ütközés esetén leállítás
- Az ütközésdetekció vezetékes csatornán lehetséges
- Rádiócsatornán nem tudja az éppen használó detektálni az ütközést



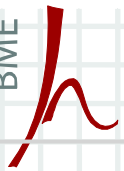
CSMA/CD működése

- Vivőérzékelés: terminál csak akkor ad ha szabadnak érzékeli a csatornát
- Ha időközben ütközést detektál: küld egy **foglaltsági jelzést**, hogy ne legyen több ütközés
- Majd vár **exponenciális backoff** ideig (részletek Ethernetnél) és csak utána ad



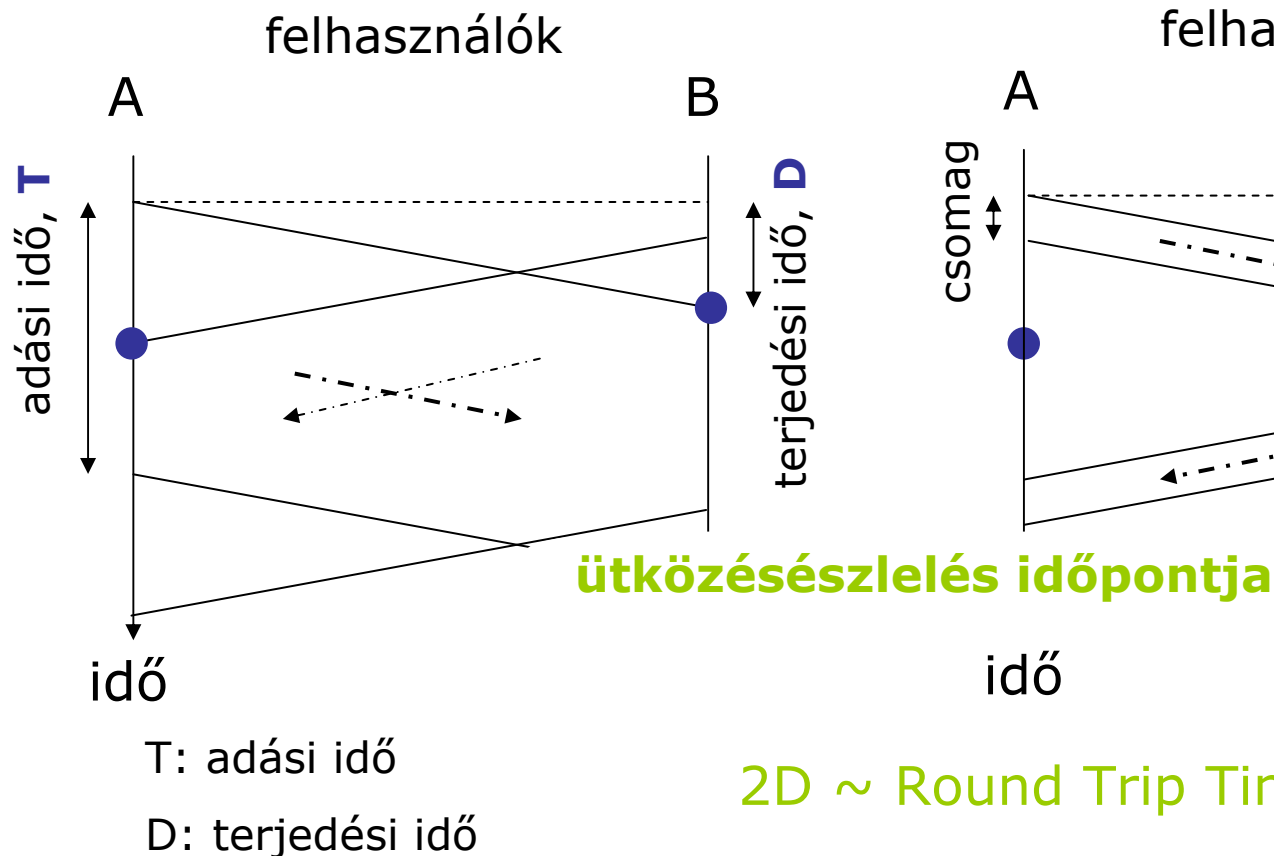
CSMA/CD hatékonysága

- CSMA hatékonyságának javítása:
 - Az ütközésdetektálás után rögtön leáll az adás
 - **Jam signal**: minden adó leáll
 - Újraadás csak **exponenciális backoff** után: csökkenti az újabb ütközés lehetőségét
 - Megvalósítása: lehet teljesen szoftver vagy hardver is
 - Csak fél-duplex esetén van értelme
 - full-duplexnél nem használják

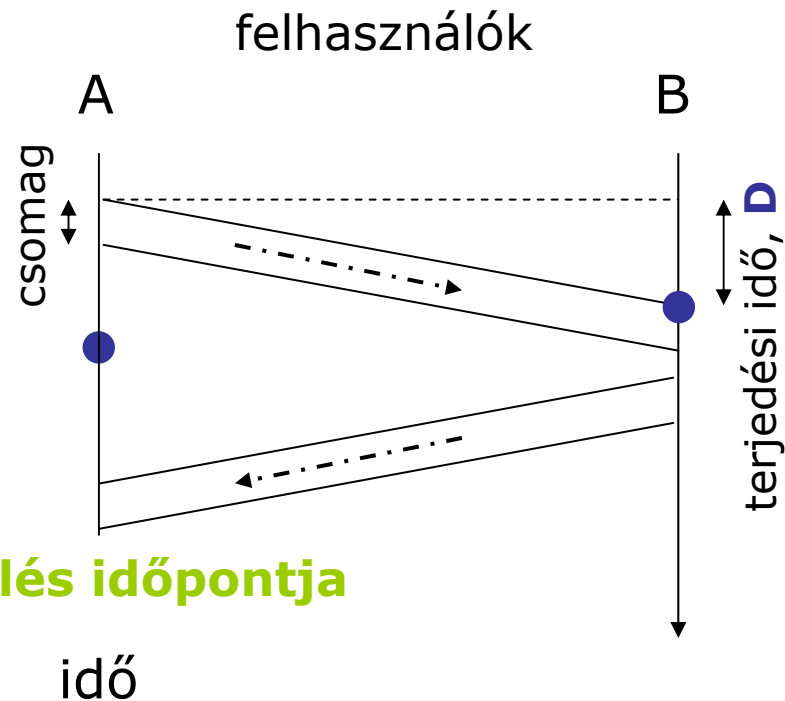


Az $a=D/T$ paraméter értékének hatása

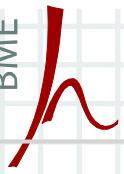
Kis a érték



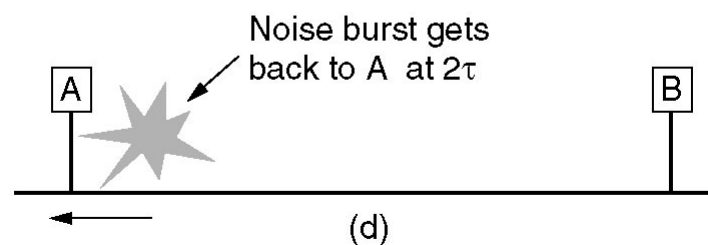
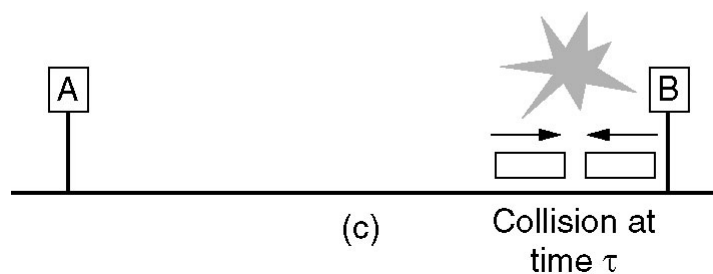
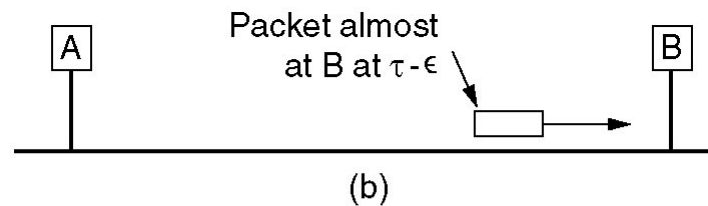
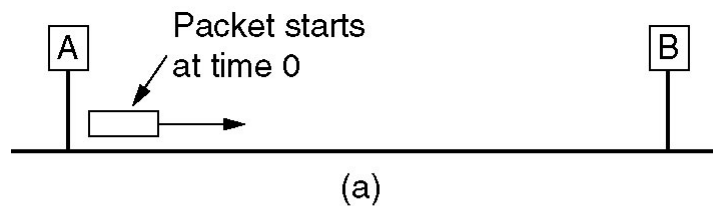
Nagy a érték



$2D \sim$ Round Trip Time, RTT



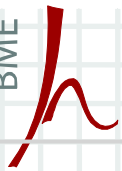
Legrosszabb eset



Akár 2τ ideig is eltarthat az ütközés detekció!

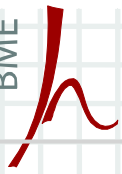
CSMA/CA (Collision Avoidance)

- Vivőérzékelés ütközésselkerülés (**Collision Avoidance, CA**): készülünk az ütközésveszélyes helyzetekre
- Ha szabad a csatorna:
 - küld egy jelzést a többi állomásnak, hogy adni készül vagy
 - vár egy további ideig és ha az idő lejártá után is még szabad a csatorna, akkor ad csak
- Ha foglalt a csatorna:
 - exponenciális backoff ideig elhalasztja az adást



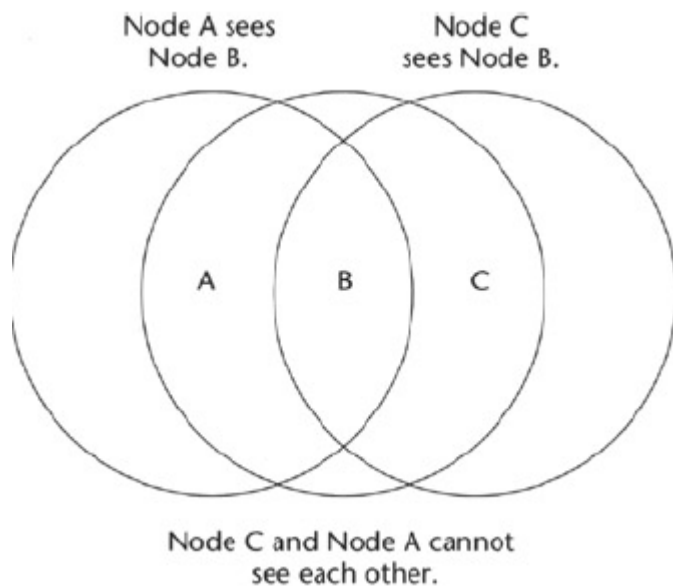
CSMA/CA használata

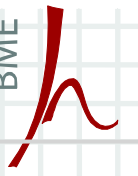
- Kevésbé „mohó” adók
- Ott használják, ahol a csatorna nem alkalmas CSMA/CD-re
 - pl. WLAN-ok
- rádiós átvitel esetén az adó nem tudja adás közben „hallgatni” a csatornát: nem lehetséges az ütközés detekció
- Vagy rejtett terminál probléma!



A „rejtett” terminál probléma

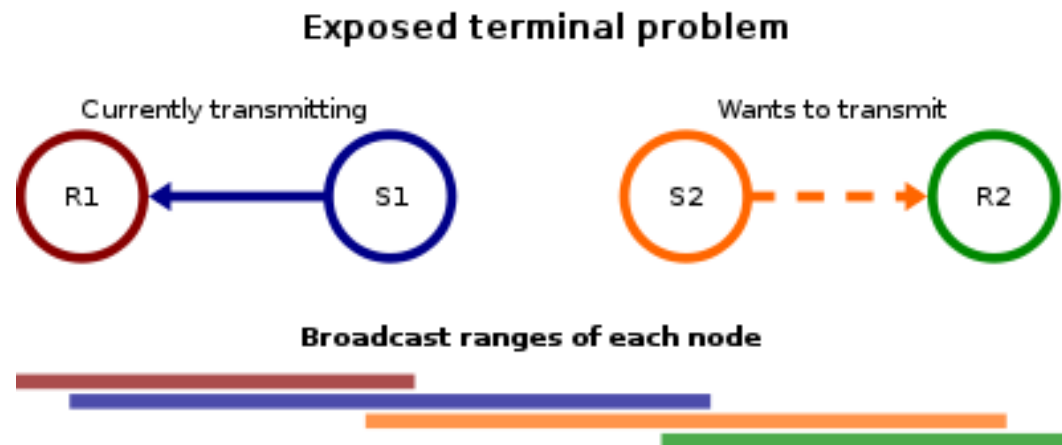
- Az „árnyékolt” felhasználó problémája: nem mindenki hall mindenkit
- Ha egy adást nem észlelünk, azt akaratlanul megzavarhatjuk





„Exponált” terminál probléma

- Túl „jó helyzetű” felhasználó:
 - szomszédos (idegen) rendszerekből is észlelhet adást
 - nem meri használni a csatornát, mert úgy véli ütközést okoz



RTS-CTS

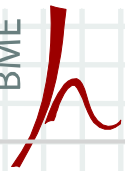
- Egy igénybejelentés (RTS) és egy nyugta (CTS) párbeszéd után történik adatátvitel
- Az átvitel hosszát tartalmazza a két üzenet (lásd majd a vezetékek nélküli LAN-oknál)

Versenymentes MAC protokollok

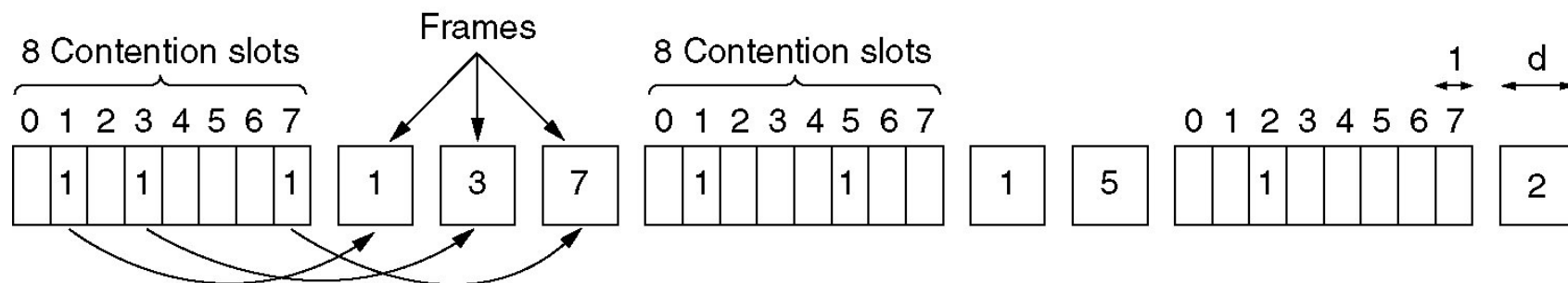
- CSMA/CD esetén nincs ütközés amikor az egyik állomás már lefoglalta a csatornát
- Viszont lehet ütközés a verseny helyzet idején
- Ezen ütközések kihatnak az átvitel hatékonyságára
- Ezért fejlesztettek ki verseny-mentes protokollokat (contention free):
 - Bit-térkép módszer
 - Bináris visszaszámlálás

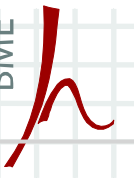
Bit-térkép módszer

- N időrés: j. terminál a j. időrésben egy 1-es bittel jelzi, ha szeretne keretet adni
- Miután minden terminál nyilatkozott, minden egyes terminál tudja ki akar majd adni
- Így numerikus sorrendben adnak, **nem lehet ütközés**
- Hátránya: **alacsony forgalom** esetén **nem hatékony**
 - Pl. csak egy terminál szeretne adni, senki más, de ki kell várnia a bit-térkép végét
 - Sávzélesség pocsékolás kevés adó terminál esetén



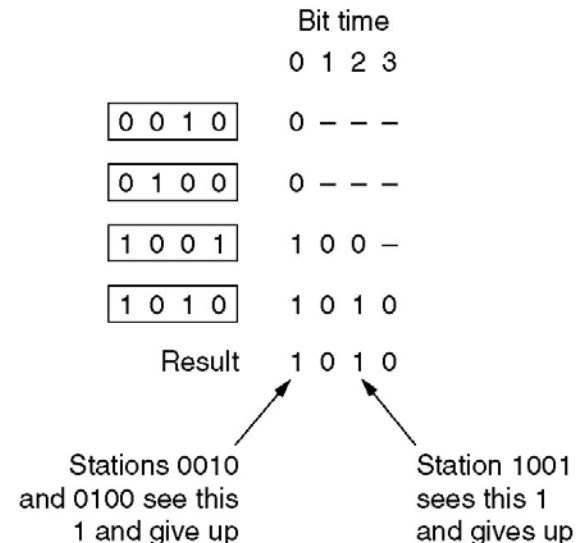
Bit-térkép módszer

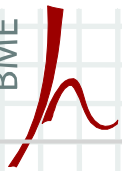




Bináris visszaszámlálás

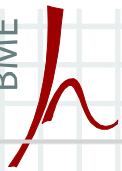
- Azon terminál amelyik keretet szeretne forgalmazni: bináris számként beírja a címét a fejlécbe
- Ha látja egy másik terminál, hogy a magasabb helyértéken az ő 0-ja helyén másnál 1 van, lemondja az adást
- Végén megmarad ki adhat, ez a folyamat ismétlődik
- Hátrány: nagyobb értékű címmel rendelkező adóknak előnye van
 - Sérül a fairness elv





Verseny vs. versenymentesség

- Alacsony forgalom esetén a verseny javasolt: alacsony késleltetés
- Ahogy növekszik a forgalom egyre kevésbé jó a verseny: sok erőforrást emészt fel
- Ötvözni kell a verseny-mentes és verseny-alapú protokollokat!
 - Alacsony forgalom esetén verseny, magasabbnál nincs: protokollok korlátozott versennyel!
- Cél:
 - kis késleltetés alacsony terhelés esetén
 - nagy átvitel (throughput) nagy terhelés esetén



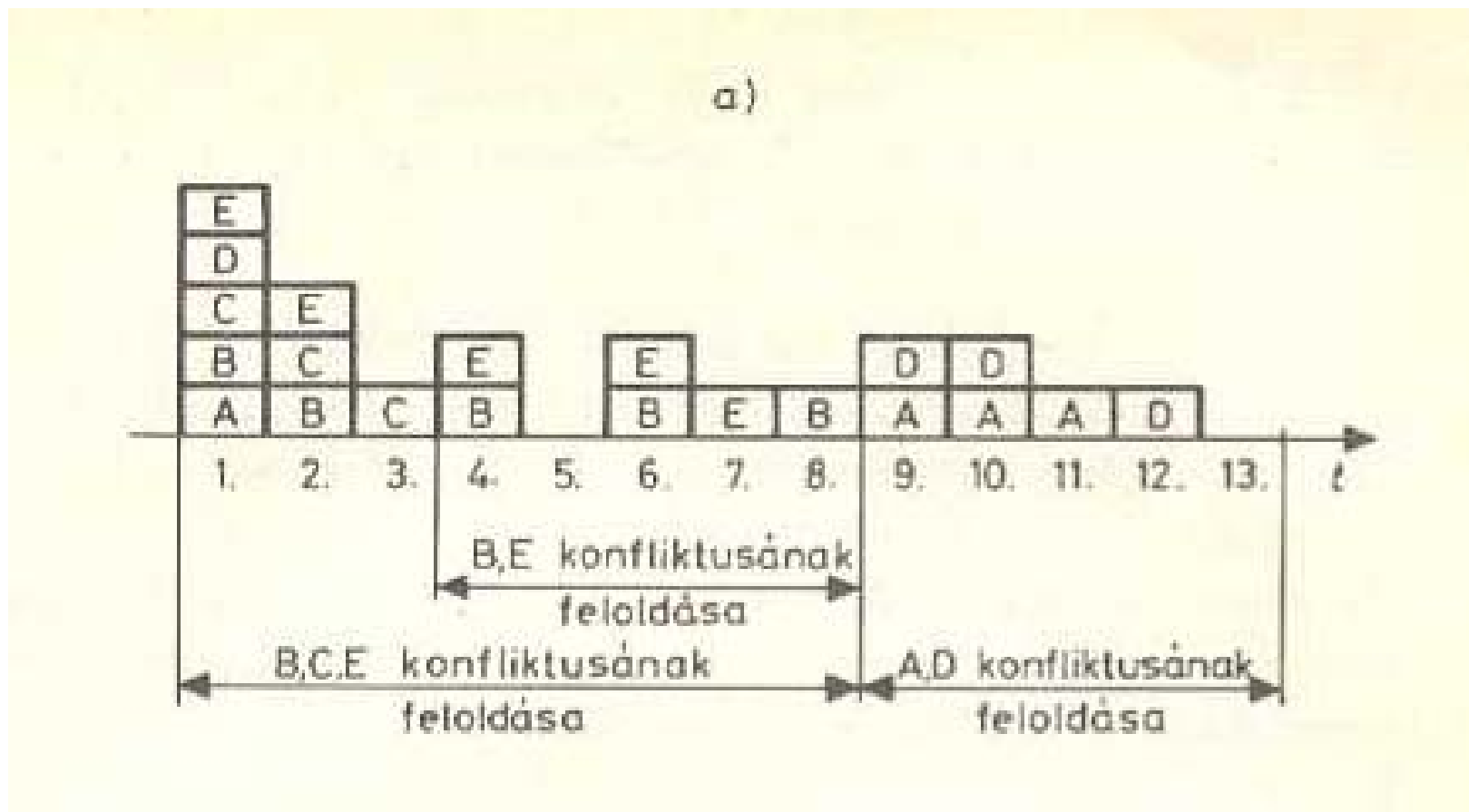
Protokollok korlátozott versennyel

- A terminálok esélyét a csatornaszerzéshez úgy lehet növelni, hogy csökkentjük a versenyt
- Terminálok csoportokba (nem feltétlenül diszjunkt) sorolódnak
- Csak a j .csoport tagjai versenyezhetnek a j .időrésért
- Ha ütközés történt vagy senki sem akar küldeni a j .csoportból, akkor jön a $j+1$.csoport a $j+1$.időrésért

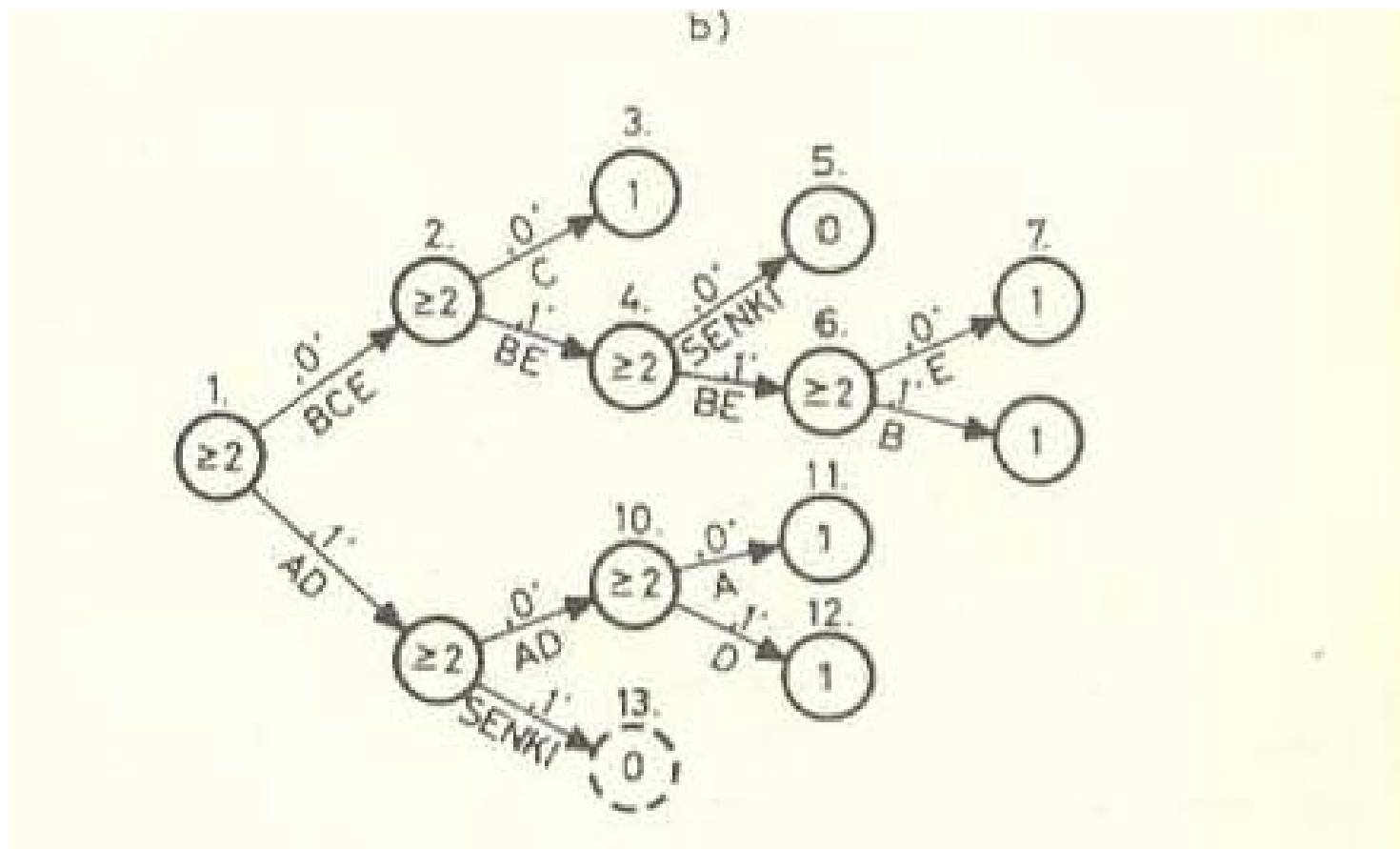
Adaptív fa protokoll

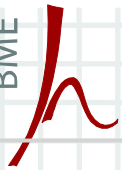
- Minden terminál versenyezhet a csatornáért
- Ha ütközés, két egyforma csoportra osztódnak a terminálok
 - Csak az egyik versenyez a következő időrésért
- Ha valaki megszerzi közülük, következő időrését a következő csoport versenyez
- Ha újra ütközés: újabb csoportfelezés

A Capetanakis-algoritmus működése - illusztráció



A Capetanakis-algoritmus működése – illusztráció





Milyen többszörös hozzáférési módszerekről volt szó eddig?

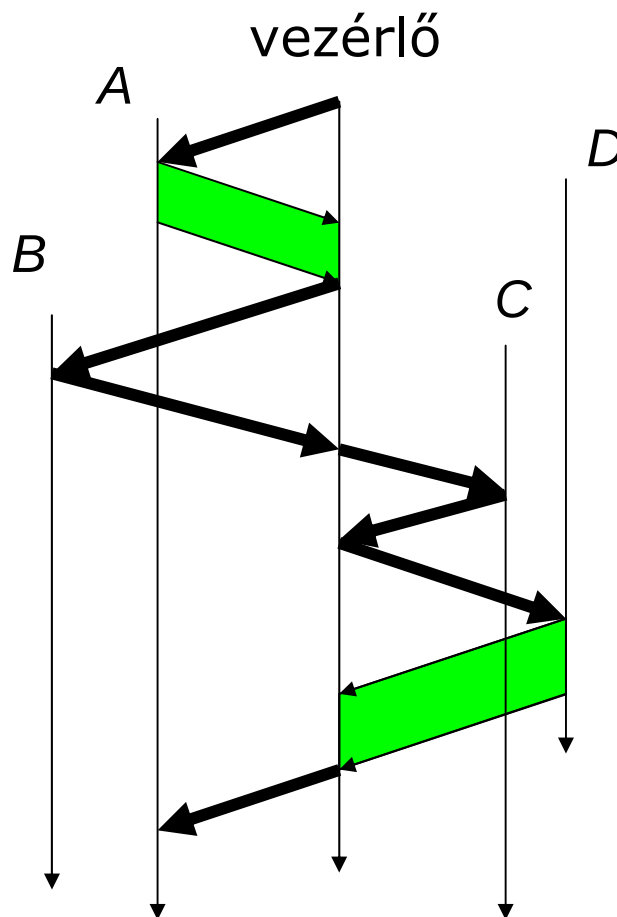
- Teljesen (vagy majdnem teljesen) szabad (véletlen) hozzáférés:
 - Egyszerű Aloha
 - Réselt Aloha
 - Ezeknél: egyszerű visszacsatolás a csatornából (sikeres/nem sikeres)
- Vivőérzékelési módszerek
 - visszacsatolás itt is + „a priori” információ („vivő” érzékelés)
- Közös jellemző: **nincs központi vezérlés**, koordináció

Központilag vezérelt többszörös hozzáférési módszerek

- Lekérdezés (polling): a vezérlő kérdése jelenti a csatornahasználati jogot
- Csoportos lekérdezés (probing): felhasználók nagyobb csoportját kérdezi a vezérlő
 - több igény esetén kezelni kell az ütközést
- Foglalás (reservation): a vezérlő az érkező igények alapján csatornahasználati jogosultságot jelöl ki.
 - Az igények gyűjtése:
 - egyedi „csatornákon”
 - „versenyben”

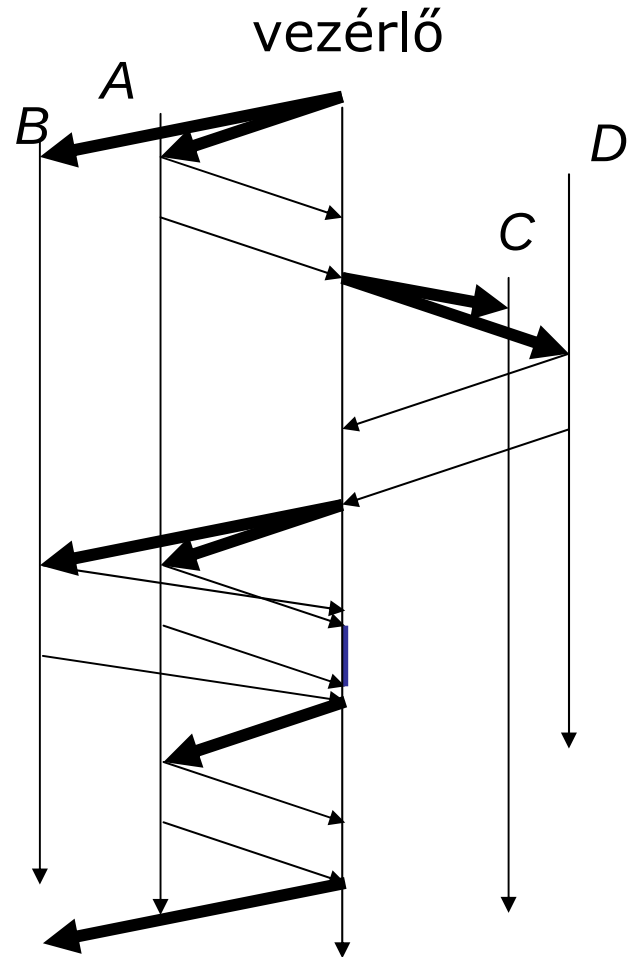
Lekérdezés (*Roll-call polling*)

- „körbekérdezés”: akinek van csomagja, az elküldi
- A csatorna információ-átvitelre használt a csomagtovábbítás alatt
- Egyébként a hozzáférés szervezése folyik
- Kihasználtság: a két időszak aránya
- Kiszolgálási késleltetés: a körbejárási idő fele
- A módszer stabil és fair



Csoportos lekérdezés (*Probing*)

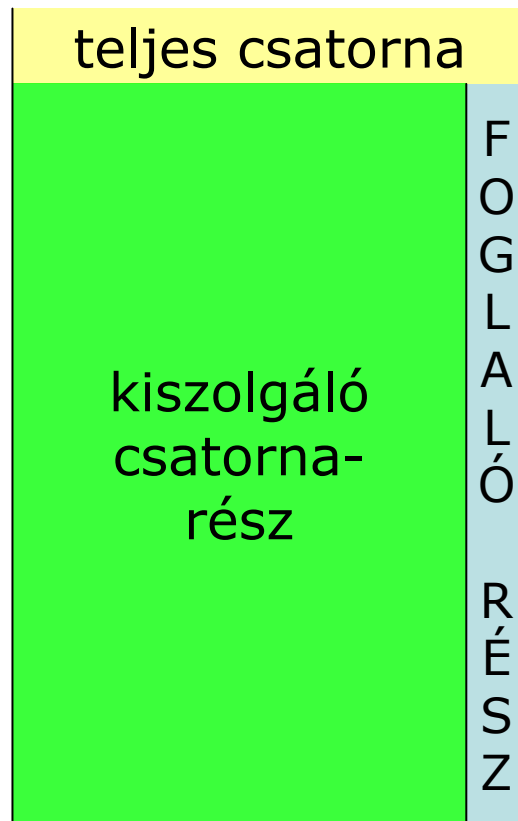
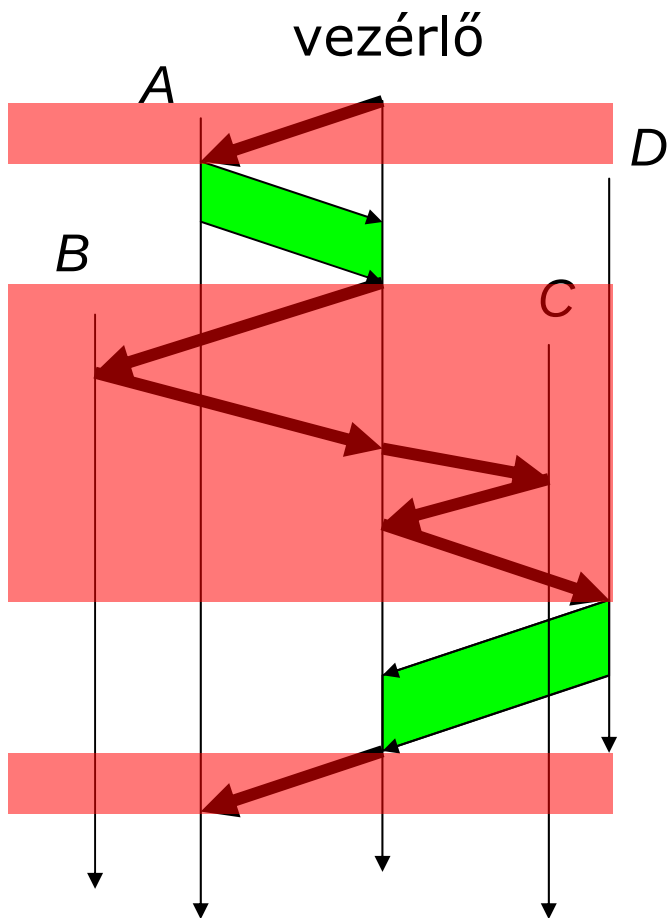
- Csoportos lekérdezés:
 - Ütközés esetén:
 - részekre bontás
- Kihasználtság javul
- Kiszolgálási késleltetés csökken
- Stabilitás megmarad
- Igazságosság biztosítható



Helyfoglalás (Reservation)

- Ha nagy a körbefordulási idő, akkor a lekérdezés hatékonysága rossz
- Célszerű az átviteli csatornát megosztani:
 - foglalási és
 - átviteli részre
- A (hely)foglalási részben (kis hányad):
 - dedikált csatornarészek:
 - zavartalan igénybejelentés
 - verseny alapú elérés
- A vezérlő a beérkező igények alapján engedélyeket küld a felhasználóknak

Foglalás: a csatorna megosztása



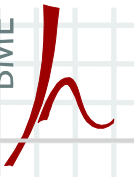
Polling elosztott vezérléssel: token passing (vezérjelátadás)

- A csatorna használatára való jogosultságot egy speciális üzenet (token) birtoklása jelenti
- Megfelelő szabályok alkalmazásával nagyon rugalmas kiszolgálást biztosít
- Kifinomult együttműködést igényel az állomások között
- Jó kihasználtságot ér el, korlátozott késleltetéssel, hasonlóan a lekérdezéshez
- Az igazságos csatornamegosztás biztosítható

A többszörös hozzáférés előnyei, hátrányai

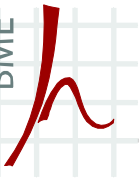
- Előnyök: (nagyon függ a használt közegtől)
 - Gazdasági: pl. kevesebb vezeték
 - Technikai: jobb teljesítőképesség
 - Rádiócsatorna esetén szinte nélkülözhetetlen

- Hátrányok:
 - Bonyolultabb algoritmusok (nem jelentős)
 - Illetéktelen hozzáférés az információhoz (kezelendő)



Összefoglalás

- Megismertük a multiplexeléstől (xDM) eltérő feladatot, a többszörös hozzáférést (xDMA)
- Megtanultuk, hogy vannak:
 - elosztott vezérléssel működő módszerei, és
 - centralizált módszerek
- Rádiócsatorna használata esetén meghatározó szerepük van
- Vezetékes csatorna esetén is lehet fontos szerepük, ahol a felhasználók busz, vagy gyűrű topológián helyezkednek el



Kérdések?

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

Dr. Simon Vilmos
adjunktus

BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék
svilmos@hit.bme.hu